





Aggravation and death.

Instrument à réflexion



Publ. 87. VIII 128 c 13

INSTRUCTION

SUR LES

INSTRUMENS A RÉFLEXION.

9157

IMPRIMERIE DE DEMONVILLE,
RUE CHRISTINE, n° 2.

584293

INSTRUCTION
SUR LES
INSTRUMENS A RÉFLEXION,
A L'USAGE
DE L'ÉCOLE D'APPLICATION
DU CORPS ROYAL D'ÉTAT-MAJOR.

DEUXIÈME ÉDITION,

REVUE ET AUGMENTÉE.

PARIS,

ANSELIN, SUCCESSEUR DE MAGIMEL,

LIBRAIRE POUR L'ART MILITAIRE, LES SCIENCES ET LES ARTS,
RUE DAUPHINE, N° 9.

1832.



INSTRUCTION

SUR LES

INSTRUMENS A RÉFLEXION.



L'EXPÉRIENCE prouve que, si un rayon lumineux AB (*fig. 1*), vient frapper la surface d'un miroir MM' (1), il se réfléchit suivant la direction BC , en faisant l'angle de réflexion NBC égal à l'angle d'incidence NBA , NB étant la normale au miroir pour le point B .

C'est sur ce principe de physique, qu'est fondée la construction de tous les instrumens à réflexion : on en déduit comme conséquence les deux théorèmes suivans :

1^o Si un rayon lumineux tombe sur un miroir ; que son rayon réfléchi rencontre un deuxième miroir, et s'y réfléchisse de nouveau, l'angle formé entre la direction du rayon incident, et la

(1) Pour abrégér, on appellera miroir, la section d'un miroir plan, par un plan perpendiculaire à sa surface.

direction du second rayon réfléchi sera le double de l'angle des miroirs.

Soient MN et PQ *fig. (2)* les deux miroirs; IO le rayon incident; OA le premier rayon réfléchi dont la direction est supposée perpendiculaire au miroir PQ , et coïncide par conséquent avec celle du second rayon réfléchi. L'angle des miroirs est évidemment le même que celui de leurs normales RO et AO , et par suite double de l'angle IOA du rayon incident avec le second rayon réfléchi, puisque $IOR = ROA$.

Supposons maintenant que le miroir PQ vienne en $P'Q'$, la normale à ce miroir sera AS et le second rayon réfléchi AT , l'angle OAT étant évidemment double de PAP' ; ainsi l'angle des miroirs sera dans ce nouveau cas AGN , et l'angle du rayon incident et du deuxième rayon réfléchi sera ITA .

Or le dernier est encore double du premier, puisque ces deux angles diffèrent des angles primitifs ADM et IOA de deux quantités angulaires dont l'une est la moitié de l'autre.

Un calcul très-simple peut conduire au même résultat.

Soient AB et AC (*fig. 3*), les deux miroirs dont les plans font entre eux un angle x : soit y l'angle formé entre le rayon incident IO , et le deuxième rayon réfléchi $O'L$. Nous aurons,

$$y = c + d.$$

(3)

(Les angles a et b sont les complémens des angles d'incidence sur les deux miroirs.)

$$\text{Mais } c = 200 - 2a.$$

$$d = 200 - 2b.$$

$$\text{Donc } y = 400 - (2a + 2b).$$

Dans le triangle AOO , on a

$$x = 200 - (a + b).$$

$$\text{Donc } y = 2x.$$

2° Soient EF et EG (*fig. 4*), les surfaces des deux miroirs, AD le rayon incident et $DCLMN$ la ligne brisée que parcourt ce rayon dans ses réflexions successives, jusqu'à la quatrième. Si nous considérons CL comme un rayon incident, MN sera sa deuxième réflexion, et d'après ce que nous venons de démontrer précédemment, l'angle en O sera égal à $2x$ (x étant l'angle compris entre les miroirs). D'un autre côté, AD étant le rayon incident, on a l'angle en $B = 2x$, donc l'angle ONA extérieur au triangle $OBN = 4x$.

Il serait facile de faire voir que s'il y avait six réflexions, l'angle compris entre la direction du rayon incident et celle qu'aurait le rayon après la sixième réflexion, serait $6x$, et ainsi de suite.

Car, soient AD , AH (*fig. 5*), les deux miroirs : soit MH un rayon incident, et DN la direction du rayon réfléchi après la sixième ré-

flexion ; soit Z l'angle cherché , et x celui des deux miroirs.

En considérant ND comme rayon incident , FE sera la direction de la quatrième réflexion , et par conséquent l'angle en E sera égal à $4x$: d'un autre côté , l'angle entre le rayon incident MH , et le second rayon réfléchi CK , c'est-à-dire l'angle en K est égal à $2x$, donc dans le triangle KEN , on aura

$$4x + 2x + 200 - Z = 200.$$

$$\text{D'où } Z = 6x.$$

Instrumens à réflexion.

Les instrumens à réflexion offrent le précieux avantage , de n'exiger ni pied ni établissement fixe : ils sont par conséquent indispensables dans les observations que l'on fait sur mer , et peuvent être d'une grande utilité dans les levés expédiés.

Nous allons donner une description succincte des principaux.

Sextant.

En réfléchissant sur les propriétés que nous avons démontrées précédemment , il est facile de voir que l'on pourra mesurer l'angle entre deux objets , au moyen d'un appareil composé de deux miroirs , dont l'angle serait variable à volonté.

Supposons qu'un miroir AB (fig. 6), mobile autour du point C , ait pris la position ID : soit un rayon lumineux, allant du point G au point C , il se réfléchira suivant la direction CF , telle, que CE étant perpendiculaire à ID , on aura $GCE = ECF$: donc l'angle que la perpendiculaire CE forme avec l'une des lignes CG et CF est égal à la moitié de celui que ces lignes font entre elles.

Cela posé, soit un point F , situé dans le plan qui passe par le rayon incident, et par le rayon réfléchi : on veut déterminer l'angle GCF que comprennent les lignes CG , CF menées du point C aux points G et F : or, il n'existe qu'une position du miroir ID , telle que le rayon réfléchi passe par le point F , si donc on avait donné au miroir cette position, on aurait, en mesurant l'angle des deux normales correspondantes, la moitié de l'angle cherché.

Il faut donc disposer un appareil tel, que l'observateur soit averti que la condition exigée se trouve remplie. Or, si on place un miroir MN , perpendiculairement à CF , le rayon réfléchi vers le point F le sera de nouveau vers le point C , ainsi l'observateur verra l'image du point G dans la direction CF . Pour qu'il puisse apercevoir en même temps le point F , on laisse à une partie du miroir MN , sa transparence.

Ainsi, lorsque le point F et l'image du point G coïncideront, le miroir aura pris la position voulue, et l'on obtiendra l'angle cherché, en doublant l'angle correspondant FCE .

Sextant graphique, ou Triangle à réflexion.

Voici maintenant comment on dispose l'instrument pour qu'il puisse donner de suite le tracé graphique de l'angle cherché, et éviter par là l'emploi du rapporteur.

Soient AB , AC , CB (*fig. 7*), trois règles prolongées, A , C , deux articulations et B une coulisse : soit MM' un miroir perpendiculaire à AC , et faisant corps avec cette règle : soit NN' un second miroir perpendiculaire à CB , et faisant également corps avec cette règle. Enfin, supposons que les miroirs soient disposés de manière à ce que la coïncidence des images ait lieu parfaitement : il est évident que l'angle α sera égal à l'angle des miroirs, puisque lorsque cet angle devient nul, les droites MM' et NN' sont parallèles, donc ce même angle α sera la moitié de l'angle entre les deux objets ; mais si l'on a construit l'instrument de manière que les longueurs CA et AB soient égales et invariables, l'angle en α' sera égal à α , et l'angle ϵ sera égal à 2α , c'est-à-dire égal à l'angle cherché. Si donc on fixe le point A , sur le sommet de l'angle à rap-

porter, que AB couvre un de ses côtés, la règle AD servira à tracer le second.

Sextant gradué.

Les angles que l'on observe, devant dans beaucoup de cas servir d'éléments dans les calculs, il est nécessaire d'avoir leur graduation : et l'on parvient à ce résultat, en introduisant un limbe dans la construction du sextant.

Voici la forme qu'on lui donne ordinairement. Soit NN' (fig. 8), un miroir fixe : MM' un miroir mobile autour de la verticale, passant par C , considérée comme charnière : supposons que les plans de ces deux miroirs soient d'abord parallèles ; dans ce cas, un rayon incident GC émané d'un objet éloigné G , se réfléchira suivant RC , rencontrera le deuxième miroir en R , se réfléchira de nouveau, suivant RL' , et pénétrera dans l'œil en L' , en sorte que si le miroir NN' est étamé sur la moitié de sa surface, et qu'il ne le soit pas sur l'autre moitié, l'œil apercevra en même temps deux images G et G' du même point ; l'une directe, l'autre réfléchie. (On voit facilement que dans la pratique, les deux droites GC et $G'L'$ se confondent sensiblement, à cause de la distance du point observé.)

On peut concevoir que la ligne MM' soit matérielle et prolongée jusqu'en A , et que ce point

A appartienne en même temps à un limbe ou circonférence matérielle décrite avec $\hat{C}A$ comme rayon.

Cela posé, donnons au miroir MM' une position quelconque mm' : considérons deux objets éloignés G et D , et supposons que le rayon DC tombe sous une incidence telle, qu'il se réfléchisse encore pour la deuxième fois, suivant RL' ; d'après ce que nous avons démontré, l'angle x formé par les deux miroirs, sera la moitié de l'angle DCG ; or, l'angle x a pour mesure l'arc AB du limbe, donc si ce limbe est gradué à partir de A , où se trouvera le zéro, et dans le sens de AB il suffira de doubler la graduation de BA pour avoir l'angle entre les deux objets.

Pour éviter de faire une multiplication à chaque observation, on est dans l'usage de doubler les chiffres du limbe. L'alidade $M'A$ porte à son extrémité un vernier, et l'on adapte à l'instrument une lunette LL' fixée invariablement au limbe. On tâtonne la position du miroir mobile MM' , jusqu'à ce que le second rayon réfléchi passe par l'axe optique de la lunette.

Enfin, l'étendue du limbe est le sixième de la circonférence ou de 60 degrés (ancienne division) : c'est ce qui a fait donner à l'instrument le nom de sextant.

Lorsqu'on veut avoir la valeur d'un angle plus grand que le sixième de la circonférence, on le

décompose en deux, en fixant un objet remarquable intermédiaire.

L'octant ne diffère du sextant que par l'amplitude du limbe, qui est de $\frac{1}{8}$ de la circonférence.

Vérifications et Rectifications du Sextant.

La construction du sextant, telle que nous venons de l'exposer, exige :

1° Que l'axe de la lunette soit parallèle au plan du limbe ;

2° Que le plan des deux miroirs soit perpendiculaire au plan du limbe ;

3° Que l'alidade marque zéro lorsque les deux miroirs sont parallèles.

Pour vérifier si la première condition est remplie, on pose deux viseurs (1) sur le limbe du cercle rendu fixe, à deux points diamétralement opposés, et l'on regarde par la lunette l'objet éloigné qui se trouve dans le plan de leurs arêtes supérieures.

Si cet objet répond précisément au fil du milieu, l'axe optique est parallèle au limbe : dans

(1) Ces viseurs sont deux petites pièces de cuivre, ayant la forme de deux parallélépipèdes rectanglés de même hauteur, et que l'on pose sur le plan du limbe, en sorte que leurs arêtes sont perpendiculaires à ce plan, et que leurs faces supérieures sont dans un plan qui lui est parallèle.

le cas contraire, on corrige la différence par le mouvement du diaphragme qui porte les fils.

On peut encore se servir pour cette vérification, et avec plus d'avantage, d'une lunette d'épreuve.

Cette lunette, dont l'axe optique est représenté par la ligne AB (*fig. 9*), est supportée par deux collets figurés en projection verticale par les droites GH et IK , et en rabattement par le carré $CDEF$.

Pour s'assurer que l'axe AB est parallèle au plan du limbe sur lequel on le pose, on retourne la lunette sur les quatre faces des collets, et l'on s'assure que dans les quatre positions la croix des fils est toujours sur le même point.

Cela posé, il est évident qu'en pointant la lunette du sextant sur le point de mire qui a servi à vérifier la lunette d'épreuve, il faudra que le fil du milieu le couvre exactement.

La seconde vérification exige deux opérations successives. La première consiste à s'assurer que le plan du grand miroir est perpendiculaire au plan du limbe, et la seconde à voir si le plan du petit miroir est parallèle à celui du grand, auquel cas il est lui-même nécessairement perpendiculaire au plan du limbe, et il est évident que le parallélisme existera toutes les fois que l'on pourra, par une disposition convenable des miroirs, arriver à la superposition exacte des deux images

du même objet, l'une directe, l'autre perçue par réflexion.

Voici comment on procède pour la première opération : soit AB (*fig. 10*) le grand miroir ; on place sur le plan du limbe deux viseurs CD et EF , de telle sorte que l'œil étant en O , l'observateur voie confondus dans une même perpendiculaire au plan du limbe, l'arête du miroir et les arêtes des deux viseurs ; savoir l'arête projetée en E par la vision directe, et l'arête projetée en D par réflexion.

Si la superposition n'est pas rigoureuse, on modifie la position du plan du miroir, jusqu'à ce qu'elle ait lieu parfaitement.

Enfin, la troisième vérification est nécessaire pour s'assurer que l'arc parcouru par le zéro du vernier, correspond exactement à l'angle observé.

Or, nous avons vu que lorsque les miroirs étaient parallèles, l'angle entre les objets était nul ; donc, dans ce cas, le zéro du limbe devra coïncider avec le zéro du vernier ; si non, l'on aura une valeur angulaire constante à ajouter ou à retrancher à chaque opération.

Cercle à réflexion.

L'erreur du pointé, et l'imperfection inévitable des instrumens, altèrent nécessairement la mesure

des angles ; mais si l'on imagine qu'au lieu d'un limbe de 60 degrés , comme dans le sextant , l'on ait un cercle entier , sur lequel on puisse faire varier la position de l'arc qui mesure l'angle cherché , on pourra répéter la mesure de cet angle un nombre de fois indéfini , et atténuer par là l'erreur définitive , en prenant une moyenne arithmétique entre les résultats.

En effet , supposons que A (*fig. 11*) , soit le zéro de la numérotation , AB l'arc donné par la première observation de l'angle , e l'erreur correspondante : si l'on considère à son tour B comme une nouvelle origine des arcs , et que l'on fasse une seconde observation , on aura un autre arc BB' et une autre erreur e' : en continuant ainsi , on trouvera d'autres arcs $B'B''$, $B''B'''$, etc. , et d'autres erreurs e'' , e''' , etc. Or , l'expérience prouve que toutes ces erreurs , e , e' , e'' , e''' , etc. , tantôt positives et tantôt négatives , se compensent de telle manière , que leur somme algébrique ne diffère pas sensiblement de l'une d'elles , e par exemple ; en sorte que si P représente le véritable arc cherché , on aura , en faisant la somme de tous les arcs AB , BB' , etc.

$$\begin{aligned} P + e + P + e' + P + e'' + P + e''' &= \\ 4P + e + e' + e'' + e''' &= 4P + e. \end{aligned}$$

Prenant le quart , il viendra $P + \frac{e}{4}$ pour la valeur définitive de l'angle , et l'on voit que l'erreur

qu'on aurait eue par une seule observation , se trouve réduite au quart.

Tel est le principe sur lequel est fondée la construction du cercle répéteur, et celle du cercle à réflexion. Ce dernier instrument est composé d'un cercle entier gradué, et de deux alidades, pivotant autour du centre du limbe; l'une porte à ses extrémités un miroir et un vernier, l'autre porte un miroir plus petit que le premier, et une lunette, dont la position relative est invariable; cette dernière est également pourvue d'un vernier.

Soit OC (fig. 12) l'axe optique de la lunette qui fait corps avec le miroir MN , et que nous lui supposons perpendiculaire pour simplifier la figure.

Soit PQ le grand miroir mobile autour de la perpendiculaire au limbe passant par son centre C , et supposons que le vernier de son alidade est fixé à zéro au point A du limbe.

Supposons, enfin, que les deux miroirs MN et PQ ont été amenés dans une position telle qu'il y ait coïncidence parfaite entre les images des deux points observés D et G : savoir l'image directe de D par la partie non étamée du miroir NN' , et l'image de G perçue par une double réflexion.

Dans cet état, fixons au limbe les deux alidades des miroirs, et faisons faire à tout l'instrument

une demi-révolution autour de l'axe OC de la lunette ; le miroir PQ prendra la position symétrique $P'Q'$, et le miroir MN restera perpendiculaire à l'axe de révolution.

Le point A , c'est-à-dire le point zéro du limbe, viendra en B . Dans cette nouvelle position des miroirs, on n'apercevra plus les deux images des objets, mais il est facile de voir que si l'on ramène le miroir $P'Q'$ en PQ par son mouvement propre, auquel cas le zéro du vernier qui était en B viendra en T , on se retrouvera dans les mêmes circonstances qu'au commencement de l'opération, et que par suite on verra de nouveau les deux images dans une coïncidence parfaite.

Or l'arc BT qui a été parcouru sur le limbe par le zéro du vernier, est évidemment la mesure du double de l'angle BCS , et par suite du double de l'angle des miroirs.

Donc il fournira l'angle compris entre les deux directions visées.

En partant du point T comme d'une nouvelle origine, on pourra, par une seconde opération semblable à la première, trouver l'angle double, et ainsi de suite. Enfin l'on prendra, comme nous l'avons dit, une moyenne arithmétique entre les résultats.

La graduation du limbe est ordinairement

doublée, afin que le cercle à réflexion puisse faire office de sextant.

Les vérifications du cercle à réflexion sont les mêmes que celles du sextant.

Les angles que font entr'elles les lignes qui unissent deux objets avec le point de station, ne sont pas les seuls élémens importans à recueillir; les angles que forment ces mêmes droites avec l'horizon, ou ce que l'on nomme dans la pratique les hauteurs des objets, sont nécessaires pour la résolution d'un grand nombre de problèmes. On peut les déterminer à l'aide des instrumens à réflexion.

Lorsqu'on est en mer, la surface des eaux offre un excellent horizon, et tout consiste à prendre l'angle entre un point sensible de cet horizon, et l'astre ou le point de la côte dont on veut avoir la hauteur.

A terre, il est nécessaire d'avoir un horizon artificiel : on se sert ordinairement pour cela d'un miroir bien plan, nageant dans un bain de mercure, le tout enfermé dans une boîte. On place cet horizon à quelque distance devant soi, en *H* (*fig. 13*), par exemple, dans la direction de l'objet *A*. Soit *C* le centre de l'instrument : le rayon *AH* arrivant sur le miroir horizontal se réfléchit suivant *HC*, et l'œil en *C* voit par réflexion le point *A* en *A'* dans la direction *A'HC* par la partie non étamée du petit miroir : dans la

partie étamée, au contraire, il pourra voir par une double réflexion, l'image du point A , coïncidant avec l'image A' : en un mot, le point A et son image A' , sont ici deux objets dont on prend l'angle comme nous l'avons indiqué plus haut. Il est à remarquer seulement, que l'angle donné par l'instrument, est l'angle ACA' qui diffère de l'angle AHA' , de la quantité angulaire HAC : mais, vu l'éloignement du point A , cet angle est toujours négligeable.

Ayant donc l'angle AHA' , sa moitié donnera l'angle cherché AHH' : car il est évident que, d'après la loi de la réflexion, l'angle AHH' est égal à l'angle $H'HA'$.

Le cercle à réflexion peut aussi servir à prendre la hauteur d'un objet au-dessus de l'horizon, en ajoutant seulement à sa construction un niveau à charnière, attaché à l'alidade qui porte le grand miroir, en fixant l'instrument sur un pied, et en s'assurant de la verticalité du limbe, au moyen du fil à plomb.

Soit p' (fig. 14), l'alidade du grand miroir : LL' l'axe de la lunette et de la seconde alidade : le zéro étant en L et l'objet O dans la direction de LL' . Supposons que pp' rendu libre soit vertical par son propre poids, et qu'en p' comme charnière soit attaché un niveau nn' en forme d'étrier.

Dans cet état, fixons l'alidade pp' au limbe :

faisons faire à ce dernier une demi-révolution autour de pp' ; la lunette prendra la position symétrique ll'' , le zéro viendra en l ainsi que l'oculaire qui était primitivement en L : imprimons de nouveau un mouvement de rotation au limbe, autour de l'horizontale, passant par C jusqu'à ce que le point l ait parcouru 200° , et soit venu en l' , ce dont on s'assurera par l'horizontalité du niveau qui aura pris la position mm' en pivotant librement autour du point P : enfin, détachons l'alidade ll' du limbe, et pointons de nouveau sur l'objet O , le point l' ou le zéro parcourra l'arc $l'l$ qui sera le double de l'angle cherché.

Equerre à Miroirs.

L'équerre d'arpenteur est un instrument propre à donner deux directions perpendiculaires l'une à l'autre. On l'emploie dans les levers de détail pour déterminer le contour d'un polygone. Ainsi, D, E, F (*fig. 15*), étant des points de ce polygone, si l'on trace, au moyen de l'équerre, deux axes coordonnés AB, AC , perpendiculaires l'un à l'autre : que l'on marche sur AB en déterminant les pieds e, d, f , des perpendiculaires à AB, Ee, Dd, Ff , que l'on mesure Ae, Ad, Af ; enfin, que l'on fasse les mêmes opérations sur l'axe AC , la construction graphique de toutes ces perpendiculaires, donnera par leur in-

tersection deux à deux, la position des points D, E, F .

L'instrument dont on se sert dans l'opération que nous venons d'indiquer, est un cercle sur lequel sont tracés matériellement deux diamètres perpendiculaires AB, CD (*fig. 17*), portant une pinnule à chacune de leurs extrémités.

On a cherché à le remplacer par un instrument à réflexion qui jouit de la même propriété, et qui, de plus, donnât des alignemens inclinés sous les angles de $200^\circ, 100^\circ, 50^\circ, 66^\circ, 66$: ces angles étant d'un usage fréquent dans une foule de problèmes de géométrie pratique.

Supposons donc que DF, EF (*fig. 16*), soient deux miroirs faisant entre eux un angle de 100° , et soient O et O' , deux objets sur l'alignement desquels on veuille se placer : ce qui revient à tracer deux alignemens passant sur le point de station, et se coupant sous un angle de 200° . Il est évident que si l'on dispose les miroirs (préparés comme ceux du sextant), de manière à ce que l'œil placé en M , aperçoive les deux images de O et de O' dans une superposition complète, le point M sera tel, que OM et EO' seront deux lignes parallèles, et qui pourront être considérées comme le prolongement l'une de l'autre, à la distance DE près, qui est toujours négligeable.

Les miroirs AB et BC (*fig. 18*), étant supposés inclinés à 25° , pourront fournir le moyen de mener deux alignemens perpendiculaires, ou faisant entre eux un angle de 50° , car si l'on suppose l'œil en P , et les miroirs disposés de manière qu'il perçoive directement l'image du point O' et par double réflexion l'image du point O , dans une coïncidence parfaite, l'angle entre les deux directions PO , PO' étant double de l'angle des miroirs, sera de 50° .

De même, si les deux miroirs AB et BC (*fig. 19*), faisant toujours entre eux un angle de 25° , l'œil ne perçoit l'image du point O que par la quatrième réflexion, l'angle entre les deux alignemens PO , PO' sera quadruple de celui des miroirs, par conséquent, de 100° .

Enfin, si les miroirs comprenaient entre eux un angle de $33^\circ, 33$, des figures et un raisonnement semblables feraient voir la possibilité de tracer des alignemens sous les angles de $66^\circ, 66. \Rightarrow \frac{1}{3} 200^\circ$, et de $133^\circ, 32$. Les premiers sont utiles pour construire des triangles équilatéraux.

L'instrument entier, renfermant, comme on vient de le voir, trois systèmes de miroirs, est très-portatif, puisqu'il a la forme d'un parallélépipède rectangle dont la hauteur est de $0^m, 12$, et dont la base est un carré qui a $0^m, 02$, de côté. Les parois en cuivre sont percées convenable-

ment, pour laisser passer les rayons de lumière émanés des objets sur lesquels on pointe (1).

*Vérifications et Rectifications de l'Équerre
à miroirs.*

La seule vérification à laquelle soit soumise l'équerre à miroirs, consiste à s'assurer que les miroirs font effectivement les angles de 100° , 25 et 33° , 33 .

Leur inclinaison est susceptible de varier, au moyen de vis destinées à cet usage.

Pour le premier cas, on déterminera d'avance un alignement OO' (fig. 20), on stationnera en un de ses points S , et l'on s'assurera qu'il y a coïncidence entre les images des points O et O' , sinon l'on fera varier l'inclinaison des miroirs jusqu'à ce que cette circonstance ait lieu.

Pour le second cas, on marchera toujours sur l'alignement OO' (fig. 21), on fera choix d'un point extérieur O'' , et l'on mènera une perpendiculaire à OO' passant par O'' en se servant du point O .

(1) Le petit instrument dont nous venons de parler pourrait, entre autres usages, rendre quelques services dans les alignemens à prendre pour les manœuvres de troupes. Il y aurait gain de temps et économie sur le nombre d'hommes à employer.

Cette opération déterminera le point S de station, pied de la perpendiculaire; puis, sans changer de station, on se retournera vers O' et l'on mènera une perpendiculaire à SO'' ; si la direction de cette perpendiculaire coïncide avec SO' , les angles OSO'' , $O'SO'$ seront droits, et les miroirs à 25° , bien réglés; sinon, l'on recommencera le tâtonnement, après avoir modifié l'inclinaison de ces derniers.

Enfin, pour le troisième cas, après avoir choisi un point O'' (*fig. 22*), hors de l'alignement OO' , on marchera sur cet alignement, jusqu'à ce qu'on ait déterminé le point S , intersection de la ligne SO'' , inclinée à 66° , 66 sur OS , en faisant usage du point O : alors, sans changer de station, on fera un angle de 133° , 32 avec SO'' , en se servant de la quatrième réflexion: si la direction obtenue coïncide avec SO' les miroirs sont bien réglés: dans le cas contraire, on recommencera l'opération comme dans le cas précédent.

Parmi les différens problèmes que peut résoudre l'équerre à miroir, on peut remarquer celui qui consiste à mener une horizontale par un point donné.

Soit L (*fig. 23*), ce point: on plantera un jalon LL' incliné jusqu'à ce que son extrémité supérieure, portant un fil à plomb, passe par le point donné. Soit O la trace du fil à plomb sur le terrain, que l'on pourra rendre sensible en

plaçant un petit carré de papier blanc dont un des bords rasera le point O : on considérera alors la verticale LO , comme une ligne à laquelle on veut mener une perpendiculaire : on opérera, comme nous l'avons dit plus haut, et l'on fera porter dans la direction cherchée un jalon TM , dont le point T , bien visible et mobile le long de la verticale, servira de mire.

Lorsque la coïncidence des images de O et de T aura lieu, la ligne LT sera l'horizontale demandée.

Un des plus grands inconvénients des instrumens que nous venons de décrire, est dû à la perte de lumière occasionée par les deux réflexions; en sorte que l'image perçue après la deuxième réflexion, est souvent très-peu distincte : de là, erreur sur le pointé, et fatigue pour la vue.

On a imaginé (1) de remédier à ce défaut essentiel, en n'employant qu'un miroir : en effet, lorsqu'on examine attentivement le problème, on voit qu'en disposant le plan d'un miroir unique mobile, dans l'angle formé par les deux rayons visuels, dirigés vers les deux objets, il suffit d'une

(1) C'est à M. Hanus, capitaine au Corps royal d'État-major, employé à l'École d'application du même corps, qu'est due cette idée ingénieuse.

réflexion pour percevoir les deux images, et qu'alors l'angle de déplacement du miroir, donne également la moitié de l'angle cherché, ou au moins son supplément.

Pour le prouver, supposons que AB (*fig. 24*), perpendiculaire à la direction PMO , représente le miroir mobile autour du point M : soient MO , MO' les deux directions dont on veut avoir l'angle.

Si l'on déplace le miroir AB , jusqu'à ce que l'image de O' réfléchi, coïncide avec l'image directe de O , en sorte qu'il prenne, je suppose, la position $A'B'$, alors l'angle de déplacement sera $AMA' = B'MB =$ complément de $B'MO$; et si l'arc AA' est gradué double, on lira le supplément de l'angle cherché OMO' , ou bien encore, on pourra graduer le limbe de manière que la lecture donne immédiatement cet angle.

On voit, d'après la construction de l'instrument, que les très-petits angles seront difficiles à évaluer, parce que le plan $A'B'$ s'approchant continuellement de la direction NO , les réflexions deviendront de moins en moins distinctes : mais, dans un levé, ce sont précisément ces petits angles que l'on évite.

Il est facile de rendre répétiteur l'instrument en question, en lui adaptant un limbe entier : en effet, soit AB (*fig. 25*), le miroir fixé à zéro sur la graduation du limbe, et amené par un mou-

vement de tout l'instrument, dans une position telle, que l'œil en P aperçoive les images de O et de O' dans une superposition complète : si l'on fait faire au limbe, une demi-révolution autour de la droite PMO considérée comme charnière, le miroir prendra la position symétrique $A'B'$, le double zéro étant en A' : si maintenant, en laissant le limbe dans une position fixe, on détache le miroir et qu'on le ramène dans sa première position en transportant le point A' en B , l'arc parcouru $A'B$ sera le supplément de l'angle AMA' , c'est-à-dire de l'angle entre les deux objets.

En partant du point B comme d'une nouvelle origine des arcs, et faisant une nouvelle observation, on aura le supplément du double de l'angle cherché. En continuant ainsi, on multipliera cet angle, comme on le fait avec le cercle répétiteur, et on l'obtiendra avec le même degré d'exactitude.

On pourra encore ici graver sur le limbe les angles directs au lieu des supplémens, pour éviter toute méprise.

Les modifications que nous venons d'indiquer dans la construction des sextans et des cercles à réflexion n'ayant pas encore été soumises à la sanction de l'expérience, il est convenable de suspendre jusque-là le jugement qu'on doit en porter.

Niveau réflecteur de Burel.

L'auteur de cet instrument a fait une heureuse application des principes de l'optique à la pratique du nivellement; et la Société d'encouragement a rendu un compte avantageux de son travail (1).

Le niveau dont il est question, se compose d'un cube en cuivre (*fig. 26*) *PQRS* de quatre centimètres de côté, dont une des faces *PQSR* est recouverte d'un miroir, et qui est supporté par un anneau dans lequel on peut passer le doigt ou un petit bâton.

Sur le milieu du miroir *PQRS* est gravée une ligne *MN* parallèle aux deux bases, et qui doit être exactement horizontale quand l'instrument est librement suspendu. La ligne *MN* est terminée par deux pointes situées dans son prolongement, et qui servent, comme on le verra tout à l'heure, à déterminer deux lignes de visée.

Voici maintenant l'usage de ce niveau : l'observateur l'élève à la hauteur de son œil, jusqu'à ce que la ligne *MN* passe exactement par le milieu de la prunelle; auquel cas cette ligne se confond avec sa réflexion sur la face intérieure du

(1) Voir le Bulletin de la Société d'encouragement, 26^e année.

miroir, et le rayon visuel tombe perpendiculairement sur le plan de ce dernier.

Dans cette position, la ligne de visée qui passe par l'œil et par l'une ou l'autre des pointes placées en M et N , est une ligne horizontale. Si donc on place une mire dans son prolongement, en un point assigné du terrain, on pourra recueillir la cote de ce point.

On voit d'après cela que le niveau réflecteur est le seul qui jouisse de la propriété de ne pas exiger de point fixe : propriété qui le rend par cela seul très-remarquable. Néanmoins l'opération du nivellement n'aura quelque certitude, que lorsqu'on pourra le fixer.

Vérification et Rectification.

La vérification du niveau réflecteur consiste à s'assurer,

- 1° Que le plan du miroir est vertical ;
- 2° Que la ligne MN est horizontale, quand le niveau est librement suspendu.

Pour la première partie, on se placera devant un mur vertical MM' éloigné de 30 à 40 mètres, l'œil O étant placé par rapport au miroir, comme l'indique la (*fig. 27*).

Soit PP' la position inclinée que prendra le miroir : on prolongera le rayon visuel passant par l'œil et par l'une des pointes qui terminent

l'horizontale projetée en K , jusqu'à la rencontre du mur au point M .

Par ce point on tracera une horizontale; on fera faire au niveau une demi-révolution, et l'on replacera son œil dans les mêmes circonstances, en tournant le dos au mur qu'on avait auparavant en face.

Dans cette position le miroir sera en QQ' , l'œil en O' ; et le rayon visuel qui passe par le centre de l'œil et son image, étant prolongé derrière l'observateur, rencontrera le mur en un point M' , que l'on apercevra par réflexion.

Par ce point on mènera une seconde horizontale. Il est évident maintenant que l'horizontale appartenant au plan horizontal qui contient l'œil de l'observateur, passera par H , point milieu entre M et M' ; il faudra donc en se retournant et recommençant l'observation directe, amener le miroir dans une position telle, que le rayon visuel prolongé passe par un point de l'horizontale H .

Pour rendre exécutable cette rectification, l'anneau AA' (*fig. 26*), auquel est suspendu tout l'instrument, fait corps avec un chariot CC' qui se meut dans le sens VV' au moyen de la vis sans fin VVI , en sorte que le centre de gravité de tout le système, variant de position, il y a une de ces positions pour laquelle le miroir MN est vertical.

La seconde partie de la vérification pourra se faire en même temps que la première : car si la ligne de foi MN (*fig. 26*) n'est pas horizontale lorsque l'instrument est librement suspendu, les deux rayons visuels passant par l'œil et les deux pointes dans l'observation directe, fourniront sur le mur une ligne inclinée passant par M (*fig. 27*).

Après le retournement, la ligne de foi qui aura pris une position symétrique, fournira par réflexion une nouvelle ligne inclinée symétrique également avec la première, et passant par le point M' (*fig. 27*).

L'horizontale cherchée sera donc celle qui passera par le point H , et qui servira à rectifier la ligne de foi par un mouvement de rotation imprimé au miroir dans son plan.

Le niveau réflecteur offre plusieurs avantages assez notables. Sa ligne de foi est d'une grande netteté, ce qui produit des observations d'une justesse remarquable. Il est peu fragile et d'un très-petit volume. On peut, sans le secours d'un aide, le fixer à un arbre, à un mur, ou le poser sur un support quelconque sans compromettre sa justesse, ni sa conservation.

Il opère avec une très-grande rapidité quand on le porte à la main, suspendu à un manche, soutenu seulement par un bâton léger. Cette

propriété peut le rendre très-utile dans les levés expédiés.

Le niveau réflecteur peut remplacer,

1^o Le niveau de pente, en inclinant convenablement la surface du miroir ;

2^o L'horizon artificiel que l'on emploie concurremment avec le sextant, pour mesurer sur des hauteurs au-dessus de l'horizon ;

3^o Le fil à plomb, pour élever des lignes verticales.

Des opérations de nivellement comparatives ont été exécutées avec soin, en employant successivement le niveau réflecteur, et les autres niveaux en usage. Il en est résulté que le premier l'emporte de beaucoup sur le niveau d'eau, et qu'il soutient la comparaison avec les meilleurs niveaux à bulle d'air, auxquels il est supérieur, par la modicité de son prix et son peu de volume.

Boussole à réflexion.

Le principe des instrumens à réflexion a été aussi appliqué à la boussole, et l'instrument auquel a donné naissance la nouvelle construction, porte le nom de *Boussole à réflexion*.

Le boussole à réflexion n'exige pas d'établissement fixe ; elle est par conséquent très-propre aux levés expédiés, et surtout aux levés militaires : avec un peu d'habitude, on peut obtenir les angles à un degré près environ.

Soit $ABDC$ (*fig. 18*) un limbe en cuivre extrêmement mince, faisant corps avec une aiguille AB fortement aimantée, et dont la pointe nord A est fixée sur le zéro.

Soit $A'B'C'D'$ un cercle concentrique au limbe, figurant la boîte de la boussole; EF la projection horizontale d'une visière dont le plan est perpendiculaire au plan du limbe, et qui est attachée à la boîte par la charnière EF ; GH la projection horizontale d'une haute pinnule pivotant autour d'une charnière GH , et dont le plan est aussi perpendiculaire à celui du limbe. Soit de plus IK un miroir incliné à 45 degrés, fixé à la boîte de la boussole et étamé seulement dans sa partie inférieure, de telle sorte que l'œil de l'observateur placé en L aperçoive directement le point M , coupé par le fil de la pinnule, et par la réflexion du miroir le chiffre du limbe placé en N (210 par exemple) comme s'il était sur un plan vertical et superposé au point M visé.

Soit enfin, pour plus de clarté, ab (*fig. 30*) la projection verticale du limbe; cd celle du plan de la boîte; ce celle de la grande pinnule; df celle de la visière; kf celle du miroir; l celle de l'œil; b celle du numéro 210, et m celle du point visé. Il est clair que le numéro 210 indiquera l'angle que fait la direction visée avec le méridien magnétique, et qu'il suffira de rapporter cet angle.

La fragilité des miroirs et le peu de durée de leur tain, a fait remplacer le miroir kf par un petit prisme triangulaire dont la face kf est plane, et dont les deux autres faces, légèrement sphériques, font office de lentille(1).

Ce prisme est renfermé dans une armure en cuivre dont la face df fait toujours office de visière.

La vérification de la boussole à réflexion consiste à s'assurer que lorsque la ligne de visée coïncide avec l'aiguille aimantée, l'angle que l'on compte est de 0 ou 200°. . .

L'instrument que nous venons de décrire peut être réduit aux dimensions d'une forte tabatière.

On a de plus adapté à la boîte un petit ressort que l'on presse graduellement avec le doigt, au moyen d'un bouton, pour fixer la position du limbe, lorsque la superposition des images a eu lieu. Enfin, une douille attachée à la même boîte et garnie d'un genou, permet de placer la boussole sur un pied et d'obtenir aussi des observations très-exactes. Vu le peu de poids de tout l'appareil, une simple canne peut suffire.

(1) C'est ainsi que dans la *chambre obscure*, on a remplacé le miroir et la lentille par un prisme triangulaire. Voir pour cet appareil la Notice de M. Vincent Chevalier, auteur de la *chambre obscure à prisme*.

TABLE.

	Pages.
<i>Instruction sur les instrumens à réflexion...</i>	1
<i>Sextant.....</i>	4
<i>Sextant graphique, ou triangle à réflexion..</i>	6
<i>Sextant gradué.....</i>	7
<i>Vérifications et rectifications du sextant.....</i>	9
<i>Cercle à réflexion.....</i>	11
<i>Equerre à miroirs.....</i>	17
<i>Vérifications et rectifications de l'équerre à miroirs.....</i>	20
<i>Niveau réflecteur de Burel.....</i>	25
<i>Boussole à réflexion.....</i>	29





Fig. 6.

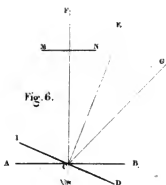


Fig. 7.



Fig. 16.



Fig. 18.

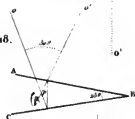


Fig. 28.

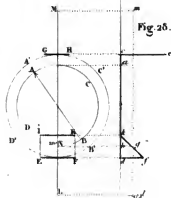


Fig. 27.

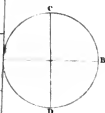
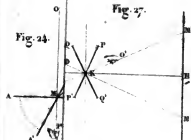


Fig. 24.



100-411134
Gerhard, J. - 411134



PA
XLVI